

10991031

(19) JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 07327298 A

(43) Date of publication of application: 12.12.95

(51) Int. Cl.  
H04R 17/00  
H04R 17/00  
H04R 17/00

(21) Application number: 06140954

(22) Date of filing: 31.05.94

(71) Applicant: HITACHI METALS LTD HITACHI LTD

(72) Inventor: NAKATANI CHITOSE  
SADAMURA SHIGERU  
ENDO SHIGEO

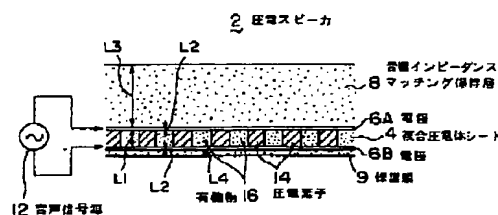
(54) PIEZOELECTRIC SPEAKER

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a piezoelectric speaker which is very superior in frequency characteristics, etc.

CONSTITUTION: This piezoelectric speaker is equipped with a compound piezoelectric body sheet 4 formed by arraying many piezoelectric elements in a sheet type organic material, electrodes 6A and 6B which are provided on both the surfaces of the compound piezoelectric body sheet 4, an acoustic impedance matching holding layer 8 which is extended between the electrodes to hold the compound piezoelectric body sheet 4 in a curved shape and matches the acoustic impedance, and a holding frame which holds the periphery of the compound piezoelectric body sheet 4; and the curved shape swells larger than a spherical shape having the radius of curvature 30 times as large as the length of the chord of the opening part. Consequently, sound can be reproduced with small distortion and excellent frequency characteristics and output characteristics.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 7 - 3 2 7 2 9 8

(43)公開日 平成7年(1995)12月12日

(51)Int. Cl. 6

H 0 4 R 17/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

3 3 0 K

3 3 2 B

審査請求 未請求 請求項の数 4

F D

(全 1 0 頁)

(21)出願番号 特願平 6 - 1 4 0 9 5 4

(22)出願日 平成6年(1994)5月31日

(71)出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 中谷 千歳

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 定村 茂

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地 日立金属株式会社磁性材料研究所内

(74)代理人 弁理士 浅井 章弘

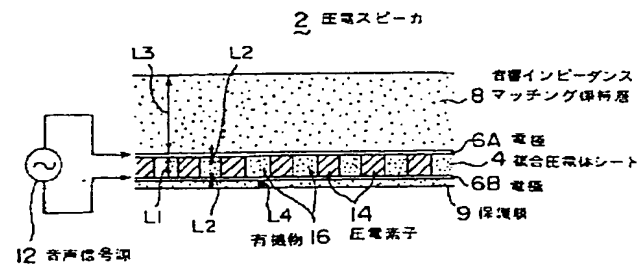
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 圧電スピーカ

(57)【要約】

【目的】 周波数特性等が非常に優れた圧電スピーカを提供する。

【構成】 シート状の有機物中に多数の圧電素子を配列してなる複合圧電体シート4と、この複合圧電体シートの両面に設けた電極6A、6Bと、前記電極に張設されて前記シート状の複合圧電体シートを湾曲形状に保持させると共に音響インピーダンスをマッチングさせるための音響インピーダンスマッチング保持層8と、前記複合圧電体シートの周囲を保持するための保持枠10とを備え、前記湾曲形状は、この開口部の弦の長さの30倍の曲率半径を有する球面形状より大きな膨らみを有するように構成したものである。これにより、歪みの少ない周波数特性及び出力特性の良好な再生を可能とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シート状の有機物中に多数の圧電素子を配列してなる複合圧電体シートと、この複合圧電体シートの両面に設けた電極と、前記電極に張設されて前記シート状の複合圧電体シートを湾曲形状に保持させると共に音響インピーダンスをマッチングさせるための音響インピーダンスマッチング保持層と、前記複合圧電体シートの周囲を保持するための保持枠とを備え、前記湾曲形状は、この開口部の弦の長さの30倍の曲率半径を有する球面形状より大きな膨らみを有することを特徴とする圧電スピーカ。

【請求項2】 前記湾曲形状の複合圧電体シートの開口部の中心を通る断面形状は、略円弧形状であることを特徴とする請求項1記載の圧電スピーカ。

【請求項3】 前記湾曲形状の複合圧電体シートの開口部の中心を通る断面形状は、略楕円の弧形状であることを特徴とする請求項1記載の圧電スピーカ。

【請求項4】 前記湾曲形状の複合圧電体シートは、断面略円の円筒体或いは断面略楕円の筒体の一部を形成するような曲面形状であることを特徴とする請求項1記載の圧電スピーカ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、圧電素子を利用したスピーカに係り、特に複合圧電体を用いた圧電スピーカに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、スピーカはボイスコーンに接続されたボイスコイルに音声信号を流すことにより、このコイルの発生する磁界と永久磁石の磁界の相互作用によりボイスコーンを機械的に振動させ、これにより空気を振動させて音声を再生するようになっている。

【0003】 音声の再生においては人間の可聴周波数である数10Hzから数10KHzまでの広範囲に渡って効率良く且つ歪みが生じないように再生することが理想的であるが、一般的には1つのスピーカではそのような広範囲の周波数領域をカバーすることができないので各領域に対応させた複数のスピーカが用いられている。また、このような永久磁石を用いたマグネットスピーカは音圧を高めるためには寸法が大きくなり、また重量も重いものとなる。

【0004】 ところで、近年においてはステレオ装置やテレビジョン等の音響装置において小型軽量化及び薄型化の要請が非常に高まってきており、このような要請に応じて極めて薄く且つ軽量の圧電スピーカが開発されている。この圧電スピーカは、例えばチタンジルコン酸鉛(PZT)系セラミックスの薄板を用い、この両面に電極を形成し、金属製振動板に貼り付けた後、音声信号を加えることにより、圧電効果によりこの振動板を振動させて音声を再生するようになっている。

【0005】 しかしながら、金属製振動板と圧電セラミックス単体から構成される従来の圧電スピーカは、弾性的に自由度が低く、しかも音響的にも硬いものとなり、更には、高調波も発生し易く歪みが多分に生じてしまうという問題点があった。

【0006】 このような問題点を解決するために、圧電セラミックスと樹脂等の有機物とを混在させることにより圧電セラミックスの有する圧電効果と有機物の持つ弾力性とを組み合わせた複合圧電体シートを用いたスピーカが、例えば特開昭61-205099号公報、特開昭62-24770号公報、特開昭63-4799号公報等に示され、種々開発されてきた。

【0007】 この複合圧電体シートを用いたスピーカは、エポキシ系樹脂等の有機物の格子状シートに多数の圧電素子を埋め込んで複合圧電体シートを形成し、このシートの両面に電極板を形成して全体が平板状或いはドーム状に固定して構成されている。そして、電極の一面には、音質調整用の薄膜を形成して音質の改善を図ることも行われている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、圧電スピーカの再生周波数特性は、その構成部材の材質、厚さ、形状等により微妙に変化し、また、その出力特性も上記した要素によって大きく左右される。しかるに、上述したように複合圧電体シートを用い且つ音質調整用の薄膜を形成する等して種々の改善を図ったとはいえ、高音域における歪特性、中音域における音圧特性等の実際の再生特性は未だ十分なものではなく、通常のマグネットスピーカに対抗するためには更なる改善が必要とされるのが現状である。

【0009】 本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、周波数特性等が非常に優れた圧電スピーカを提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】 本発明者は、鋭意研究の結果、再生時の周波数特性や出力特性は、主に複合圧電体シート中の圧電素子の体積比、複合圧電体シート中の有機物の材質、スピーカ形成時の複合圧電体シートの曲率半径、更に音質を改善する音響インピーダンスマッチング層の材質等により大きく影響され、特に複合圧電体シートの曲率を最適なものに選択することにより周波数特性等を大幅に改善することができる、という知見を得ることによりなされたものである。

【0011】 すなわち、本発明は、上記問題点を解決するために、シート状の有機物中に多数の圧電素子を配列してなる複合圧電体シートと、この複合圧電体シートの両面に設けた電極と、前記電極に張設されて前記シート状の複合圧電体シートを湾曲形状に保持させると共に音響インピーダンスをマッチングさせるための音響インピ

ーダンスマッチング保持層と、前記複合圧電体シートの周囲を保持するための保持枠とを備え、前記湾曲形状は、この開口部の弦の長さの30倍の曲率半径を有するように構成したものである。

#### 【0012】

【作用】本発明は、以上のように構成することにより、比較的高域における音圧の平坦性、周波数特性を改善でき、しかも歪みの発生も非常に抑制することができる。このように複合圧電体シートの湾曲形状を所定の大きさよりも膨らんだ形状とすることにより諸特性を改善できる点は、以下の理由によるものと考えられる。すなわちシートの膨らみが大きくなるとシート中に含まれる圧電素子の体積が増加して電気機械変換効率が向上し、しかも振動面の曲面効果も増加するからである。

#### 【0013】

【実施例】以下に、本発明に係る圧電スピーカの一実施例を添付図面に基づいて詳述する。図1は本発明の圧電スピーカを示す要部拡大断面図、図2は図1に示す圧電スピーカに用いる複合圧電体シートを示す拡大斜視図、図3は圧電スピーカを示す断面図、図4は複合圧電体シートを形成するための他の方法を説明するための図、図5は圧電スピーカの保持枠の形状を示す図、図6は圧電スピーカの複合圧電体シートの湾曲状態を説明するための概略断面図である。

【0014】図示するようにこの圧電スピーカ2は、圧電素子と有機物よりなる複合圧電体シート4と、この両面に均一に貼り合わせた2つの電極6A、6Bと、一方の電極6Aの表面に貼り合わせた音響インピーダンスマッチング保持層8と、この積層体の周囲を保持する例えば金属や樹脂等よりなる保持枠10（図3参照）とにより主に構成されている。尚、図中、9は他方の電極6Bの表面に貼り合わせた電極酸化防止用の保護膜である。そして、上記2つの電極6A、6Bから図示しないリード線を引き出し、これに音声信号源12から音声信号を印加することにより、圧電効果により複合圧電体シート4が厚み方向へ振動して音声が発せられることになる。図1においては説明のために各部材は平面状に形成されているが、実際には、図3に示すようにシート全体はマッチング保持層8側を凸にして湾曲状態に保持される。

【0015】上記複合圧電体シート4を形成するには、まず厚み方向へ一様に分極処理された厚み0.5mmのPZT系セラミックスを平面度の出ている加工用治具プレートに固定し、厚さ0.2mmのブレードを用いて、溝深さ0.3mm、ピッチ1.0mmでその表面に格子状に溝入れ加工を行う。そして、この加工により生じた格子状の溝内に有機物、例えばポリウレタン樹脂、エポキシ樹脂、シリコンゴム等を充填し、これを固化させた後、溝部分を加工用治具プレート面に当てて加工し、格子面が現れるまで研削除去した。図2にこのように形成された複合圧電体シート4の斜視図を示す。図中角柱状

になされた斜線部分は圧電素子14を示し、これを連結する格子部分は有機物16を示す。ここで、加工時のブレードの厚み、溝ピッチを適宜選択することにより、複合圧電体シート4中の圧電素子の体積比率を変化させることができる。また、この複合圧電体シート4中に用いる有機物の材質（硬さ）を選択することにより、マッチング保持層8の形状保持機能の程度を増減させることができる。

【0016】また、電極6A、6Bは、アルミニウム膜或いはCr-Au膜の導電膜により構成される。音響インピーダンスマッチング保持層8は、圧電体シート4の振動を適正に空気振動に伝達するためのマッチング機能と、非常に可撓性に富む圧電体シート4の湾曲状態を保持する形状保持機能と、この内側に張設してある電極6Aの酸化防止等を図る酸化防止機能を兼ね備えており、例えばポリウレタン樹脂等により形成される。このマッチング保持層8の厚み、材質、硬さ等を選択することにより再生時における最適な周波数特性を得ることができる。

【0017】また、保護膜9としては、比較的軟らかで且つ非常に薄い有機物、例えばポリウレタン樹脂を用いる。この場合、マッチング保持層8の厚みを薄くし、その分、保護層9の厚みを厚くするようにしてもよく、いずれにしてもマッチング保持層8と保護層9全体でシートの湾曲形状を保持できればよい。本実施例における各部材の厚みの代表例として、例えば圧電体シート4の厚みL1は0.2mm、両電極6A、6Bの厚みL2は0.3μm、音響インピーダンスマッチング保持層8の厚みL3は3.0mm、保護膜9の厚みL4は0.1mmとなる。

【0018】上述した複合圧電体シート4の形成方法としては有機物を充填する溝を加工形成するためにブレードを用いたが、これを用いることなく、図4に示すようにして形成してもよい。図4は複合圧電体シートを形成するための他の方法を示す図であり、図4(A)はセラミック平板を示す平面図、図4(B)は図4(A)に示す図の断面図、図4(C)は上記セラミックグリーンシートを焼成したセラミック平板にクラックを入れた状態を示す図、図4(D)は溝及び図4(C)に示す工程で形成したクラックに樹脂を入れた状態を示す図である。

【0019】まず、図4(A)及び図4(B)に示すようにセラミック粉と有機バインダーからなる比較的軟らかな厚み約0.5mmのPZT系セラミックグリーンシート20の表面に、例えばステンレス或いはプラスチック等により成形された格子状型枠（図示せず）を押し付けてその表面に格子状の溝22を形成する。この場合、溝22の深さはセラミックグリーンシート20の底部に達しないような深さとして溝切りしない部分を僅かに残し、この時点ではまだセラミックグリーンシート片にバ

ラバラに分離しないようにしておく。

【0020】次に、厚み方向途中まで溝入れ加工したセラミックグリーンシート22を所定の温度（1150～1250℃）で焼成して焼き固め、これを例えば図4

（C）に示すように可撓性部材、例えばゴム等よりなる可撓性板24上に接着載置し、この状態で可撓性板を2次元的に伸張或いは格子状型枠（焼成時の収縮率を考慮した上記型枠より小さい型枠）を押し付ける等して加圧または衝撃力により上記格子状の溝22の下部にクラック26を形成し、セラミックグリーンシート20を溝22に沿って多数のセラミックス片に分割する。

【0021】次に、図4（D）に示すように可撓性板24を、上記セラミックグリーンシート20の載置されている面が僅かに凸状になるように円弧状に屈曲させる等、可撓性板24を左右及び前後方向に伸張させて溝22及びクラック26を拡開させ、この状態でこの溝22内やクラック26内にその上方より有機物24、例えばポリウレタン樹脂、エポキシ樹脂、シリコンゴム等を充填する。そして、この樹脂を固化させた後、表面を平坦に研削することにより、図2に示したと同様な複合圧電

体シートを形成することができる。  
【0022】このような製造方法によれば、ブレードによる煩雑で時間のかかる溝入れ加工を施す必要がなく容易に且つ安価にシートを形成することができる。ここで、複合圧電体シート中の圧電素子の体積比率を変えるには、溝を形成する格子状型枠の厚みを適宜選択することにより溝幅を変えるようにすればよい。

【0023】尚、焼成後のセラミックグリーンシート20にクラックを入れる方法としては、上記した方法に限定されず、セラミックグリーンシートを可撓性板24に接着載置した後に、この可撓性板を平面上で引き延ばすことやこの可撓性板と一体的に金型等で球面状に屈曲させることによってもクラックを形成することができるし、また、クラックした後の小片がバラバラにならないような処置をして可撓性板に載置する前にセラミックグリーンシートにクラックを形成し、その後、このクラック板全体を可撓性板上に載置するようにしてもよい。

【0024】また、溝22及びクラック26内に有機物を充填する際に可撓性板を屈曲させて溝幅を拡開させるが、この場合、可撓性板を球面状に屈曲させる等して全ての溝及びクラックを拡開させた状態で同時に有機物を充填するようにしてもよいし、可撓性板上において相互に直交する方向に別々に屈曲させてそれぞれ縦方向及び横方向に沿った溝及びクラックに有機物を充填させるようにしてもよい。

【0025】シート全体の周囲を保持する保持枠10の形状としては、種々のものが適用でき、例えば図5

（A）に示すように円形状、図5（B）に示すように楕円形状、図5（C）に示すように略長方形形状、図5

（D）に示すように略正方形形状、或いは図示されてい

いが多角形状等に設定することができる。また、保持枠10自体を図5（E）に示すように3次元的に湾曲させて形成するようにしてもよい。更には、図5（F）に示すように複合圧電体シート4を円筒体或いは断面楕円の弧形状の筒体の一部を形成するように屈曲形成し、この周縁部を保持するように保持枠10を設けるようにしてもよい。

【0026】また、前述のように複合圧電体シート4は、平面ではなくドーム状に湾曲状態に屈曲されるが、後述するようにこの場合、図6に示すようにスピーカの開口部18における断面形状において、保持枠10、10の距離、すなわち円弧状シート断面の弦の長さLの所定の倍数、例えば30倍の曲率半径Rによって形成される球面形状よりも大きな膨らみを持った湾曲形状に圧電体シートを成形し、音圧特性の改善を図るようにする。特に、このように複合圧電体シート4の湾曲形状を特定することにより、主に音圧特性を大幅に改善することが可能となる。

【0027】圧電スピーカの周波数特性や出力特性（音圧）等は前述のように複合圧電体シート中のセラミックス製圧電素子の体積比、複合圧電体シート中の有機物の材質、音質を改善する音響インピーダンスマッチング保持層の材質、複合圧電体シートの曲率等に大きく影響されるのでこれらの各要素についての最適範囲を設定する。

【0028】まず、複合圧電体シート中のセラミックス圧電素子の体積比は40%～80%の範囲内に設定する。すなわち、図7はシート中の圧電素子の体積比を種々変更した時の周波数と音圧との関係を示すグラフ、図8は複合圧電体シート中の圧電素子の体積比に対する音圧の最大値と最小値の比の利得を示すグラフである。この時、音響インピーダンスマッチング保持層の硬さは、JIS（日本工業規格）の規定によるA70に設定され、ポリウレタンを使用している。尚、このグラフにおいては周波数2KHzの点を基準として各値の相対値を求めている。

【0029】図7から明らかなように圧電素子の体積比 $V_{PZT}$ に関係なく、約2KHz～3KHzの周波数において音圧（相対値）はピークを示しているが体積比が11%、25%と小さい場合には音圧は高い周波数域において低くなり過ぎ、好ましくない。

【0030】また、再生時には、効率に影響する音圧特性も重要であるが、ある程度の周波数範囲に亘ってこの音圧特性が平坦である点、すなわちフラットネスも良好でなければならない。図8は1KHzから20KHzまでの音圧の最大値と最小値の比の利得を示し、フラットネスの評価を行ったグラフであるが、この値が小さい程、フラットネスは良い。図から明らかなように体積比が略40%から80%の範囲において音圧の最大値と最小値の比の利得が12dB以下となってフラットネスが

良好な値を示している。このように図7及び図8のグラフを勘案すると、圧電素子の体積率40%~80%の範囲が音圧、フラットネス共に良好である点が判明する。従って、複合圧電体シート4の作成時には、ブレード厚みや有機物充填用の溝ピッチを適切に選択して圧電素子の体積比を上述した範囲内に納める。

【0031】また、再生時には再生音声の歪みや出力が、音響インピーダンスマッチング保持層8（図1参照）の材質や硬さや厚みによっても影響されるが、歪みもなく音響インピーダンスを向上させ且つ複合圧電体シートの湾曲形状を保持しつつ出力効率も高く維持するためには保護膜9の厚みとマッチング保持層8の厚みの総和を0.5mm~5.0mmの範囲内に設定し、これらを比較的軟らかな材質で且つJIS-A60~A90の範囲の硬さのものをを用いる。

【0032】この点についてコンピュータシミュレーションに基づいて具体的に説明する。図9はコンピュータシミュレーションによる振動モードを示す図であり、図9(A)は厚さ0.2mmの複合圧電体シート4の両面にマッチング保持層8として比較的軟らかい材質の樹脂、すなわちポリウレタン樹脂をそれぞれ厚み0.2mmで形成した場合の振動モードを示し、図9(B)は両面のポリウレタン樹脂の厚みをそれぞれ0.5mmで形成した場合の振動モードを示し、図9(C)は両面のポリウレタン樹脂の厚みをそれぞれ1.0mmで形成した場合の振動モードを示し、図9(D)は両面のポリウレタン樹脂の厚みをそれぞれ2.0mmで形成した場合の振動モードを示し、図9(E)は両面のポリウレタン樹脂の厚みをそれぞれ3.0mmで形成した場合の振動モードを示す。尚、各図における圧電体シートの曲率半径はそれぞれ200mmに設定され、強制振動周波数は1KHzに設定されており、また、一方のポリウレタン樹脂は保護膜として機能するものである。また、各振動モードの変位は拡大して示されている。

【0033】図から明らかなように保護膜9及びマッチング保持層8の厚みが薄過ぎると逆位相の振動も生じてしまい、高調波も発生して特性上好ましくない。この理由は、保持層の厚みが薄過ぎて圧電体シートの湾曲形状を保持し得ず、振動状態が安定しないからである（図9(A)、図9(B)参照）。

【0034】また、保護膜9及びマッチング保持層8の厚みを大きくすると（図9(C)、図9(D)参照）、振動は逆位相がなく安定してくる。尚、圧電体シート中の有機材料として比較的硬いエポキシ樹脂を用いた場合には、マッチング保持層の厚みを0.1mm程度まで薄くしても安定した振動を得ることができる。しかしながら、マッチング保持層の厚みが過度に大きくなると（図9(E)参照）、振幅は小さくなり感度が低下して効率が悪化する。従って、保護膜9及びマッチング保持層8を合わせた厚みは過度に大きくできないことが判明す

る。

【0035】この場合、片面側の保護膜9の厚みを他面側のマッチング保持層8の厚みの半分以下に設定することにより感度を高くして音圧を大きく設定することができる。この点について説明すると、図10は一面のマッチング保持層8の厚みを3.0mmに固定し、他面の保護膜9の厚みを種々変化させた時の音圧（相対値）を示すグラフである。このグラフより明らかなように保護膜の厚みを小さくする程、感度が上昇して音圧が高くなり、良好な特性を示している。特に保護膜の厚みがマッチング保持層の厚みの半分以下（グラフ中では1.5mm以下）に設定することにより、振動が安定した状態でその出力効率を高く維持することができる。

【0036】ここで、マッチング保持層と保護層のトータルの厚みについて検討する。図11はマッチング保持層の厚みを3mm及び2mmに固定した状態で、保護膜の厚みを種々変更してトータル厚を変えた時の2KHzにおける相対音圧を示す。これによれば、トータル膜厚が5.0mmを超えて大きくなると急激に感度が低下し、相対音圧は限界値を超えて低くなるので好ましくないことが判明する。従って、図1に示すように片面側には電極6Bの酸化を防止し得る程度の僅かな厚み（0.1mm程度）だけポリエチレン樹脂の保護膜9を張設し、反対面側に十分な厚さ（3.0mm程度）のポリウレタン樹脂よりなるマッチング保持層8を張設することによりその特性を最適にできる。

【0037】また、この時のマッチング保持層の硬さ（JIS-A規格）について検討すると、図12はマッチング保持層の硬さを種々変えた時の周波数に対する音圧（相対値）の変化を示し、図13はJIS-A規格硬度に対する、1KHzから10KHzまでの音圧の最大値と最小値の比の利得を示し、フラットネスの評価を行うものである。図から明らかなようにマッチング保持層の硬さが大きくなる程、音圧は上昇して良好である。但し、硬さがJIS-A規格でA91になると音圧の変化が大きくなり過ぎてフラットネスが低下する。また、音圧の最大値と最小値の比の利得は、JIS-A70の硬さを最小値としてそれよりも硬くなっても軟らかくなくてもこの利得が大きくなってフラットネスが低下する。従って、前述のように音圧特性及びフラットネス特性ともに満足する硬さの範囲はJIS-A60~JIS-A90の範囲となる。

【0038】この場合、マッチング保持層8は、空気との音響インピーダンスを整合させ且つ高調波もなくして歪みを減少させると共に再生音域を広くする長所を持つ反面、厚過ぎると出力が低下して効率を悪化させる短所を持つことから複合圧電体シート4中の有機物として比較的硬い樹脂、例えばエポキシ樹脂を用いてこの機械的強度を上げ、マッチング保持層8としてはこの音響インピーダンスを空気と整合させるために比較的軟らかい樹

脂、例えばポリウレタン樹脂を用いるのが好ましい。

【0039】このように圧電体シートの機械的強度を上げることによりこの形成保持機能を有するマッチング保持層8の厚みをその音響インピーダンス特性を劣化させない範囲で薄くすることができ、従って、その分出力特性が劣化することを防止して出力効率を向上させることができる。このように複合圧電体シートの有機物として例えば硬いエポキシ樹脂を用いてこの機械的強度を上げた場合には、形状保持機能を有するマッチング保持層の厚みと保護膜の厚みの総和を0.1mmまで小さく設定することができる。

【0040】また、このように適正なマッチング保持層8を設けることにより再生音域も広げることができ、1台のスピーカで高音域のみならず中音域の周波数も再生することができ、ツイータとスコカの機能も兼ね備えることができる。

【0041】ところで、再生時の出力特性は特に、スピーカの振動体の曲率半径に大きく左右されるが、出力特性を高く維持するために振動体である複合圧電体シートの曲率を所定の値以上の大きさに設定する。以下にこの点について説明する。図14は複合圧電体シートの曲率半径が200mmの場合と500mmの場合のコンピュータシミュレーションによる振動モードの一例を示す図であり、図15は複合圧電体シートの曲率半径Rとその時のシート断面の弦の長さL(図6参照)の比に対する音圧(相対値)の関係を示すグラフである。

【0042】図14(A)は曲率半径が500mmの場合の、図14(B)は曲率半径が200mmの場合の振動モードをそれぞれ示し、圧電体シートの厚みは0.2mm、保護膜の厚みは0.1mm、マッチング保持層の厚みは3.0mmにそれぞれ設定されている。この図から明らかなように曲率半径Rが小さい程、すなわち曲面の曲率が大きい程振幅が大きくなり、出力効率が増加傾向にある。

【0043】ここで図15を参照すると、上述した傾向が明確に現れており、 $R/L$ が小さくなる程、すなわち図6において複合圧電体シート4の膨らみが上方へ突出して大きくなる程急激に音圧(出力)は増大して効率が良くなっている。この理由は、弦の長さLを一定とすると、曲率半径Rが小さくなって圧電体シートの膨らみが大きくなる程、圧電体シート中の圧電素子の体積が増加して電気機械変換効率が向上するため及び振動面の曲面効果が増加するためと考えられる。

【0044】通常のマグネットスピーカの音圧の下限值に対応する $R/L$ 比の値は約30であり、図6においてこの時のシート断面形状は実線で示されている。従って、 $R/L \leq 30$ の関係式によって規定されるシート湾曲形状( $R/L = 30$ によって規定されるシート曲面よりも上方へ大きく膨らんだ形状)に設定することにより高い音圧特性を得ることができる。尚、好ましくは $R/L$

$L = 20$ によって規定されるシート曲面よりも大きく膨らんだ形状とする。図中破線で示す $R/L = 0.5$ の曲線は、弦の長さLを直径とする半円弧であり、シート湾曲形状は断面円弧形状に限定されず、これよりも更に膨らんだ断面楕円形状(図6中において2点鎖線にて示す)としてもよい。この時のシート湾曲形状は回転楕円面形状となる。このような $R/L \leq 30$ の関係式は、図5に示す保持枠10の中心を通るどの方向の断面形状を取り出しても満足することが必要であり、例えば図5

(C)に示す長方形の保持枠10の場合にはその中心を通して縦方向及び横方向に切断した断面形状を取り出してもそのいずれにおいても上記した関係式を満たすことが必要である。また、図5(F)に示す場合には、図中水平方向の断面形状が上記した関係式を満たすことが必要である。

【0045】このように、複合圧電体シートの湾曲形状の膨らみ状態を所定の大きさ以上に設定することにより、再生時の音圧(出力)を高く維持することができ、効率を高くすることができる。尚、上記したシート断面形状は、厳密に円弧形状或いは楕円形状になっていなくてもよく、ある程度変形していてもよいのは勿論である。また、上記関係式を満たすようなシート湾曲形状の膨らみであるならばその変形の程度は問わない。

【0046】図1に示す構造において、圧電体シート中の有機物、保護膜の有機物及びマッチング保持層の有機物としてそれぞれポリウレタン樹脂を用い、圧電体シートの大きさ16cm×16cmに設定したスピーカについて実際に周波数特性を評価したところ、図16に示すグラフを得た。

【0047】グラフ中、曲線Aは歪み特性を、曲線Bは周波数特性を、曲線Cはインピーダンス特性をそれぞれ示す。この図から明らかなように1500~20000Hzの中・高音域においては感度が良好で高い音圧特性を示すと共にその出力は比較的平坦で高いフラットネスを示している(曲線B)。また、この周波数領域においては歪みの大きさも低く押さえられ、良好な結果を示していることが判明する(曲線A)。

【0048】このように本発明によれば、複合圧電スピーカの周波数特性や出力特性を大幅に改善することができる。従って、液晶壁掛けテレビジョン用スピーカ、車載スピーカ、携帯電話、大型平板スピーカ等の厚さを極力薄くすることの要求されるスピーカとして採用することができる。

【0049】尚、上記実施例ではスピーカボックスを用いていない場合について説明したが、これにスピーカボックスを設けるようにしてもよい。また、図3に示すように圧電体シートは、マッチング保持層を設けた側に突状に湾曲された形状のスピーカについて説明したが、これを反対方向、すなわち保護膜側に突状に湾曲させるよ

うにしてもよい。

【0050】また、上記実施例にあっては、音響インピーダンスマッチング保持層8を一層の例えばポリウレタン樹脂層により構成して、これに複合圧電体シートの形状を湾曲状態に保持させる形状保持機能と音響インピーダンスをマッチングさせるマッチング機能とを兼ね備えるようにしたがこれに限定されず、図17に示すようにこのマッチング保持層8を複合圧電体シートの形状を保持する形状保持層30と音響インピーダンスをマッチングさせるマッチング層32とよりなる2層構造としてもよい。この場合には、形状保持層30の材質としては前述のように日本工業規格による硬度がA60～A90の範囲内にある材料、例えば樹脂を用いる。また、マッチング層32としては、シリコンゴム樹脂、シリコンワニス等を用いることができる。更に、形状保持層30やマッチング層32を多層にすれば音響特性が更に向上することは勿論である。

【0051】更に、上記実施例にあっては単一の平板状の複合圧電体シートを1枚用いたスピーカについて説明したが、これに限定されず、例えば所定形状の複合圧電体シートを多数枚平面的に配列させて全体として1つのスピーカを構成するようにしてもよい。これによれば、中音域或いは低音域の周波数帯域もカバーすることができる。

#### 【0052】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の圧電スピーカによれば次のように優れた作用効果を発揮することができる。音響インピーダンスマッチング保持層により複合圧電体シートを所定の大きさの湾曲形状に保持すると共に音調の改善を図るようにしたので、周波数特性及び出力特性を大幅に改善した圧電スピーカを提供することができる。従って、小型、薄型化のスピーカの要求される音響装置へ適用することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電スピーカを示す要部拡大断面図である。

【図2】図1に示す圧電スピーカに用いる複合圧電体シートを示す拡大斜視図である。

【図3】圧電スピーカを示す断面図である。

【図4】複合圧電体シートを形成するための他の方法を説明するための図である。

【図5】圧電スピーカの保持枠の形状を示す図である。

【図6】複合圧電体シートの湾曲状態を説明するための概略断面図である。

【図7】複合圧電体シート中の圧電素子の体積比を種々変更した時の周波数と音圧との関係を示すグラフである。

【図8】複合圧電体シート中の圧電素子の体積比に対する音圧の最大値と最小値の比の利得を示すグラフである。

【図9】コンピュータシミュレーションによる振動モードを示す図である。

【図10】音響インピーダンスマッチング保持層の厚みを一定にした場合における保護膜の厚みと音圧との関係を示すグラフである。

【図11】マッチング保持層の厚みを固定した状態で保護膜の厚みを変更してトータル厚を変えた時の相対音圧を示すグラフである。

【図12】音響インピーダンスマッチング保持層の硬さを種々変えた時の周波数に対する音圧の変化を示すグラフである。

【図13】JIS-A規格硬度に対する音圧の最大値と最小値の比の利得を示すグラフである。

【図14】複合圧電体シートの曲率半径が200mmの場合と500mmの場合のコンピュータシミュレーションによる振動モードの一例を示す図である。

【図15】複合圧電体シートの曲率半径Rとその時のシート断面の弦の長さLの比に対する音圧の関係を示すグラフである。

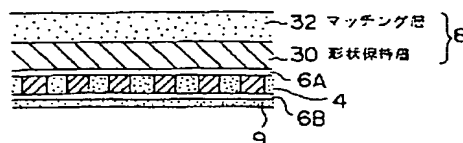
【図16】本発明の圧電スピーカの実際の特性を示すグラフである。

【図17】音響インピーダンスマッチング保持層の変形例を示す図である。

#### 【符号の説明】

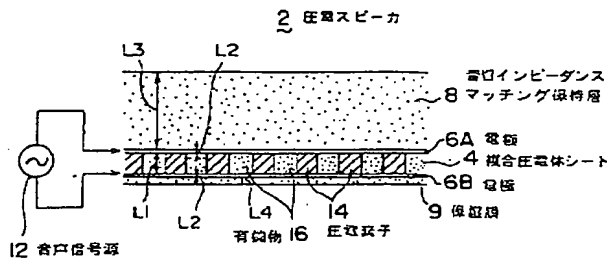
2	圧電スピーカ
4	複合圧電体シート
6A、6B	電極
8	音響インピーダンスマッチング保持層
9	保護膜
10	保持枠
12	音声信号源
14	圧電素子
16	有機物
18	開口部

【図17】

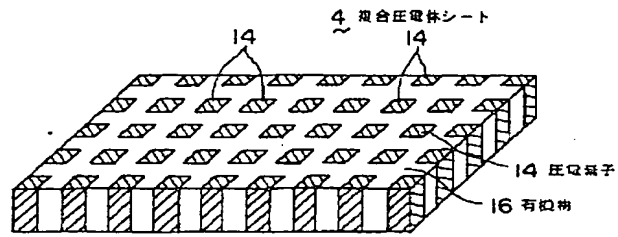




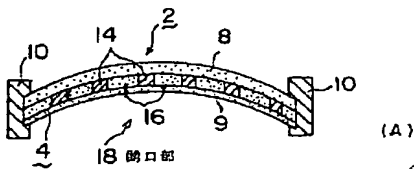
【図 1】



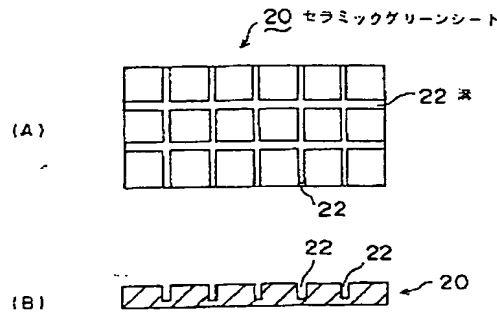
【図 2】



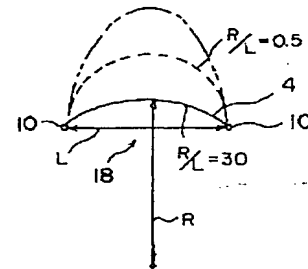
【図 3】



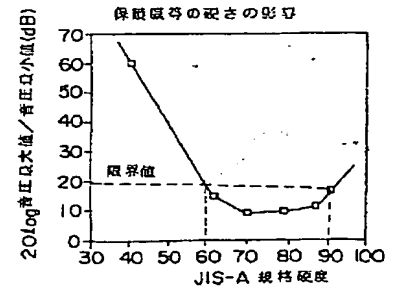
【図 4】



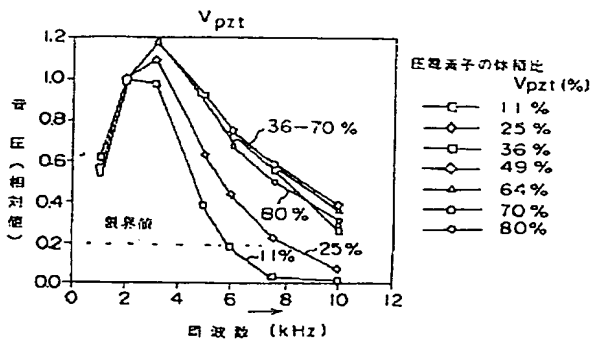
【図 6】



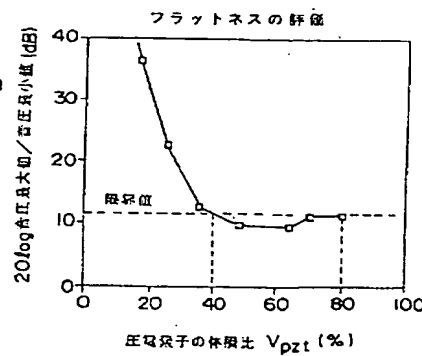
【図 13】



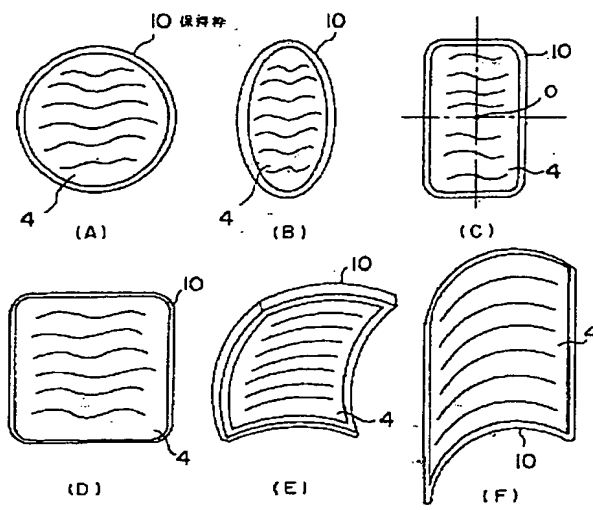
【図 7】



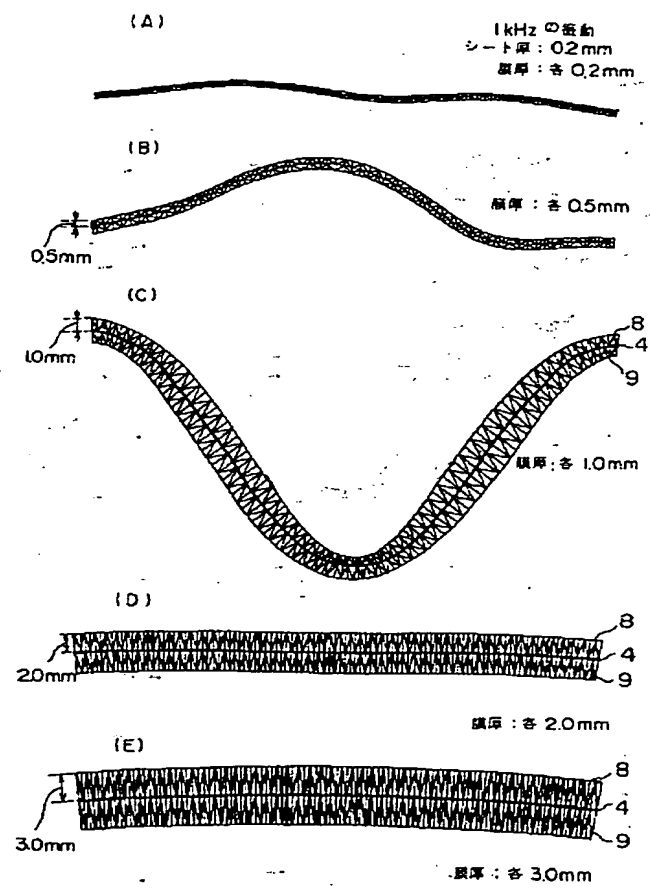
【図 8】



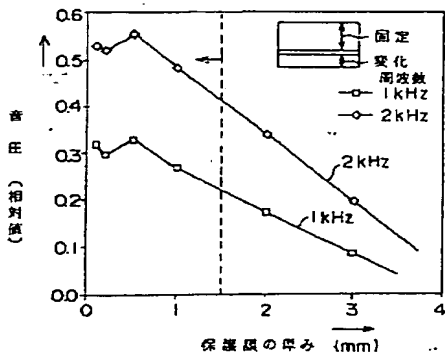
【図5】



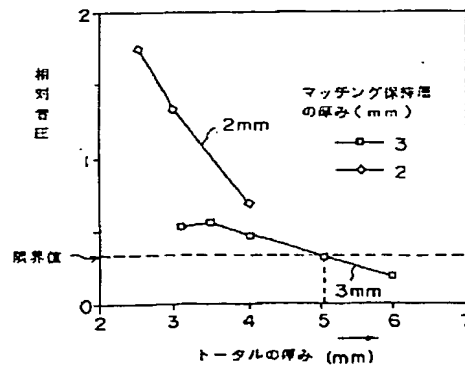
【図9】



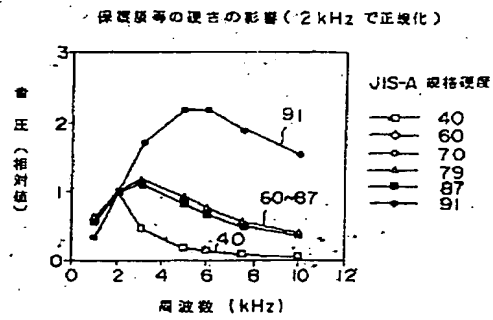
【図10】



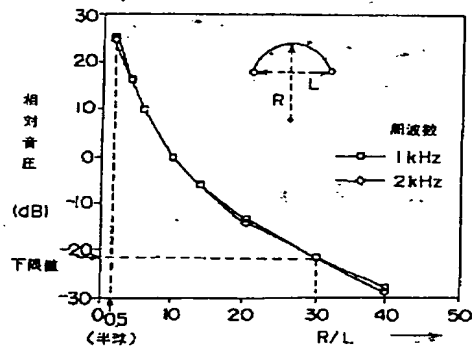
【図11】



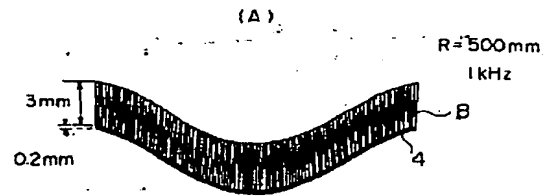
【図12】



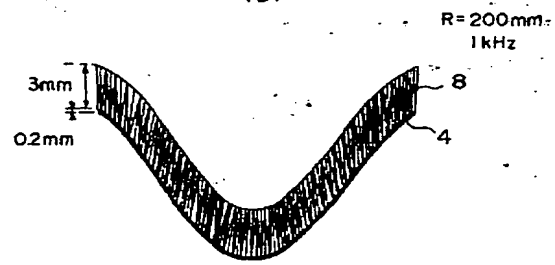
【図15】



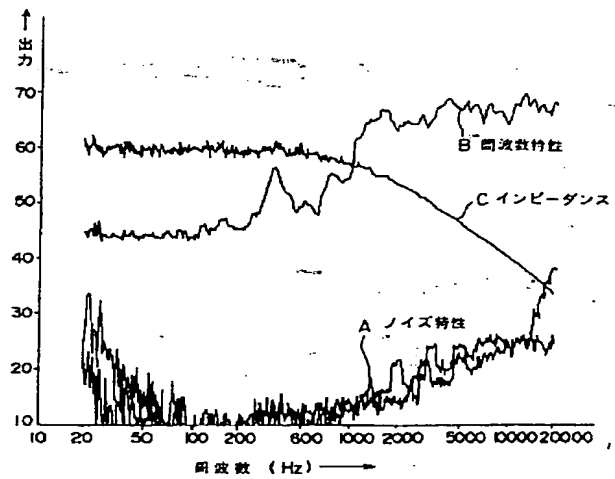
【図14】



(B)



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 遠藤 重郎  
東京都千代田区丸の内二丁目1番2号 日  
立金属株式会社内